

**SEMICONDUCTOR LASER MODULE**

Patent Number: JP10062654  
Publication date: 1998-03-06  
Inventor(s): AIKIYO TAKESHI; KIMURA TOSHIO; SHIRASAKA ARIO  
Applicant(s): FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE  
Requested Patent: ☐ JP10062654  
Application Number: JP19960215672 19960815  
Priority Number(s):  
IPC Classification: G02B6/42; G02B6/34; H01S3/18  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To stabilize the oscillating wavelength to stabilize the gain of an optical fiber amplifier by setting the half-width of the reflectance spectrum of a fiber grating to a specified number times or more of the resonator mode interval of a semiconductor laser element.

**SOLUTION:** This semiconductor laser module has a fiber grating whose half-width of reflectance spectrum is 2.5 times or more of the resonator mode interval of a semiconductor laser element. The half-width  $\Delta\lambda$  of reflectance spectrum of the fiber grating is changed to set the wavelength skip probability to 2 % or less, preferably 1% or less. When the ratio of the half-width  $\Delta\lambda$  of reflectance spectrum of the fiber grating to the resonator mode interval  $\Delta\lambda_m$  of the semiconductor laser element is 2.5 or more ( $\Delta\lambda / \Delta\lambda_m \leq 2.5$ ), or at least 2.5 resonator internal modes, more preferably, 2.8 resonator modes are present in the half-width  $\Delta\lambda$  of the reflectance spectrum, the wavelength skip probability is smaller than 2% and 1%, respectively, to stabilize the oscillating wavelength.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-62654

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月6日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B	6/42		G 0 2 B	6/42
	6/34			6/34
H 0 1 S	3/18		H 0 1 S	3/18

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号	特願平8-215672	(71) 出願人	000005290 古河電気工業株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号
(22) 出願日	平成8年(1996) 8月15日	(72) 発明者	愛清 武 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内
		(72) 発明者	木村 俊雄 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内
		(72) 発明者	白坂 有生 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

(54) 【発明の名称】 半導体レーザモジュール

(57) 【要約】

【課題】 発振波長が安定した半導体レーザモジュールを提供する。

【解決手段】 所望の波長帯の発振光を放射する半導体レーザ素子と、前記波長帯における特定の波長成分のみを前記半導体レーザ素子に反射させるファイバグレーティングを有する半導体レーザモジュールにおいて、前記ファイバグレーティングの反射率スペクトルの半値幅を前記半導体レーザ素子の共振器モード間隔の2.5倍以上にする。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所望の波長帯の発振光を放射する半導体レーザ素子と、前記波長帯における特定の波長成分を前記半導体レーザ素子に反射させるファイバグレーティングを有する半導体レーザモジュールにおいて、前記ファイバグレーティングの反射率スペクトルの半値幅が前記半導体レーザ素子の共振器モード間隔の2.5倍以上であることを特徴とする半導体レーザモジュール。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバグレーティングを用いた半導体レーザモジュールに関する。

## 【0002】

【従来の技術】光ファイバのコアにエルビウムを添加したエルビウムドープ光ファイバを使用した増幅用の励起光源としては、1480nm波長帯と980nm波長帯のものが用いられる。このうち、1480nm波長帯の励起光源は既に実用化され、盛んに用いられている。一方、980nm波長帯の励起光源は、現在開発段階にあり、1480nm波長帯のものに比較して、低雑音、低消費電力であるという点で、将来の実用化が期待されている。このエルビウムドープ光ファイバの980nm波長帯における吸収帯の幅は、980nmを中心として $\pm 5$ nm程度であり、1480nm波長帯の $\pm 15$ nmに比較して非常に狭い。従って、980nm波長帯の励起光源となる半導体レーザモジュールには、発振波長がこの10nm程度の波長範囲に入ることが要求されている。

【0003】ところで、半導体レーザ素子の発振波長は、駆動電流および動作温度を変化させると、変化することが知られている。例えば、AlGaAs系の半導体レーザ素子の発振波長は、駆動電流に対して0.02nm/mA、温度に対して0.4nm/Kの割合で変化する。従って、駆動電流が100mA、温度が10℃変化すると、これだけの要因で6nmも波長が変化する。このことから、励起光源となる半導体レーザモジュール用の半導体レーザ素子を選別する際には、発振波長が使用する駆動電流および動作温度の範囲において、要求される光ファイバの吸収帯に入るようにしなければならない。

【0004】この問題を解決する方法として、半導体レーザモジュールにファイバグレーティングを利用することが知られている。図1は、このような目的でファイバグレーティングを搭載した980nm波長帯の半導体レーザモジュールの一例を示したものである。図1において、1は半導体レーザ素子、2はコリメータレンズ、3は集光レンズ、4は光ファイバ、5は冷却用ペルチェ素子、6は銅製のベース、7はパッケージ、8はファイバグレーティング、9は補強部材である。ファイバグレーティング8は、図2に示した反射率スペクトルからわか

るように、中心波長が980nm、ピーク反射率が4%程度、半値幅が0.3nm程度のものである。この半導体レーザモジュールでは、半導体レーザ素子1から放射されたレーザ光は、コリメータレンズ2および集光レンズ3によって光ファイバ4に結合され、ファイバグレーティング8によって特定波長成分のみが一部反射されて半導体レーザ素子1に戻される。このとき、半導体レーザ素子1の発振波長のファイバグレーティング8の中心波長への引き込みが起こる。

【0005】図3はこの引き込み現象を示したもので、一般に半導体レーザ素子の温度を変えると、発振波長は破線のように変化するが、ファイバグレーティングに結合すると、発振波長は実線に示されるように、半導体レーザ素子の温度によらず、ほぼ一定となる。この現象は、ファイバグレーティングと半導体レーザ素子の複合共振器系の損失がグレーティング中心波長で小さくなるため、グレーティング中心波長付近の共振器モードが選択的に励起されるためであると考えられている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、本発明者等は、上述のようにファイバグレーティングを搭載した半導体レーザモジュールには、以下のような問題があることを見出した。即ち、発振波長が図4に示すように、ファイバグレーティングの反射中心波長と半導体レーザ素子自体の発振波長との間で経時的に変化し、不安定になる。このような発振波長の飛びがあると、半導体レーザモジュールを光ファイバ増幅器に用いた場合に、増幅器のゲインが急激に変化するという不都合が生ずる。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は上記問題点を解決すべくなされたもので、所望の波長帯の発振光を放射する半導体レーザ素子と、前記波長帯における特定の波長成分を前記半導体レーザ素子に反射させるファイバグレーティングを有する半導体レーザモジュールにおいて、前記ファイバグレーティングの反射率スペクトルの半値幅が前記半導体レーザ素子の共振器モード間隔の2.5倍以上であることを特徴とするものである。

【0008】本発明は、鋭意検討の結果得られた新しい実験的知見に基づくものである。即ち、例えば図5に示すように、ファイバグレーティングの反射率スペクトルの半値幅 $\Delta\lambda$ を変化させ、波長飛び確率を求めたものである。ここで、縦軸の波長飛び確率とは、一定時間の間、直流で半導体レーザ素子を連続駆動した場合に、発振波長がファイバグレーティングがない場合の発振波長である時間の合計時間の駆動時間に対する割合である。この値は、光ファイバ増幅器のゲインを経時的に安定にするためには、2%以下、より好ましくは1%以下であることが要求されている。また、横軸は、ファイバグレーティングの反射率スペクトルの半値幅 $\Delta\lambda$ と、半導体

レーザ素子の共振器モード間隔 $\Delta\lambda$ 。との比であり、反射率スペクトルの半値幅 $\Delta\lambda$ の中に共振器内部のモードが何個含まれるかを表している。図5からわかるように、 $\Delta\lambda$ の中に少なくとも2.5個の共振器モードが存在するとき( $\Delta\lambda/\Delta\lambda_{\text{。}} \geq 2.5$ )、より好ましくは2.8個の共振器モードが存在するとき( $\Delta\lambda/\Delta\lambda_{\text{。}} \geq 2.8$ )に、波長飛び確率がそれぞれ、2%、1%より小さくなり、発振波長が安定化することがわかる。従って、 $\Delta\lambda$ がこの条件を満たすようなファイバグレーティングを用いた半導体レーザモジュールを光ファイバ増幅器に使用すると、増幅器の動作が安定することを期待することができる。

【0009】上述の実験的知見は以下のように考察することができる。即ち、ファイバグレーティングと半導体レーザ素子とからなる複合共振器系の損失は、ファイバグレーティングの中心波長付近において小さくなる。従って、半導体レーザ素子の共振器モードがグレーティングの反射率スペクトルの半値幅 $\Delta\lambda$ 内に存在すれば、そのモードにおいて発振が起こりやすくなる。 $\Delta\lambda$ が半導体レーザ素子の共振器モード間隔 $\Delta\lambda_{\text{。}}$ に比べて小さい場合には、例えば図6(a)、(b)のような場合には、ファイバグレーティングの反射スペクトルの中心波長付近に半導体レーザ素子の共振器モードが必ずしもあるとは限らないため、共振器系の動作は不安定になり、波長の引き込みが起こったとしても、動作温度や駆動電流などの動作条件のわずかな変化によって引き込みが起こらなくなったりする。しかしながら、図6(c)のように、 $\Delta\lambda$ 内に半導体レーザ素子の共振器モードが多数あれば、動作条件がわずかに変化しても、 $\Delta\lambda$ 内に必ず半導体レーザ素子の共振器モードが存在しているため、常に波長の引き込みが起こるので、ファイバグレーティングと半導体レーザ素子とからなる複合共振器系の発振波長は安定化する。このためには、図5に示した実験結果から、 $\Delta\lambda/\Delta\lambda_{\text{。}} \geq 2.5$ 、より好ましくは $\Delta\lambda/\Delta\lambda_{\text{。}} \geq 2.8$ 以上であればよい。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明にかかる半導体レーザモジュールの実施の形態を詳細に説明する。本実施形態の半導体レーザモジュールは、980nm帯の半導体レーザ素子として、例えばAlGaAs系のもので、共振器長 $L=700\mu\text{m}$ 、比屈折率 $n_r=3.5$ のものをを用い、ファイバグレーティングとして、波長980nmにおけるピーク反射率4%、反射率スペクトルの半値幅 $\Delta\lambda=0.65\text{nm}$ のものをを用いた。上記半導体レーザ

素子の共振器モードの間隔 $\Delta\lambda_{\text{。}}$ は以下のように算出することができる。即ち、

$$\Delta\lambda_{\text{。}} = \lambda^2 / 2n_r L = 0.2\text{nm} \quad (\text{但し、}\lambda: \text{帯域波長}980\text{nm})$$

従って、本実施形態においては、 $\Delta\lambda/\Delta\lambda_{\text{。}} = 3.25$ となる。この半導体レーザモジュールについて、発振波長の経時変化を測定したところ、図7に示すように、200秒の動作時間において、発振波長の飛びは全く発生しなかった。一方、比較例として、同一の半導体レーザ素子を用い、ファイバグレーティングとして、 $\Delta\lambda$ が0.35nmのものをを用いて半導体レーザモジュールを構成した。この比較例では、 $\Delta\lambda/\Delta\lambda_{\text{。}} = 1.75$ となる。この半導体レーザモジュールについて、発振波長の経時変化を測定したところ、図4に示すように、発振波長の飛びが発生した。

【0011】

【発明の効果】以上説明したように本発明の半導体レーザモジュールによれば、発振波長が安定するという優れた効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】半導体レーザモジュールの構成図である。

【図2】ファイバグレーティングの反射率スペクトルを示す図である。

【図3】半導体レーザ素子の発振波長と温度との関係を示す図である。

【図4】半導体レーザモジュールの発振波長の時間変化を示す図である。

【図5】発振波長の飛び確率と $\Delta\lambda/\Delta\lambda_{\text{。}}$ の関係を示す図である。

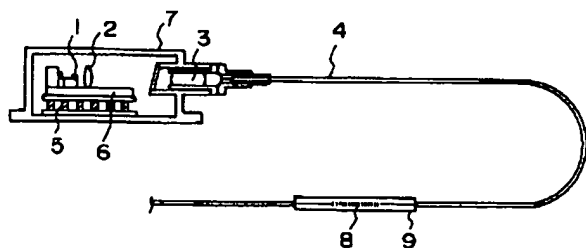
【図6】(a)～(c)は、発振波長の飛び確率と $\Delta\lambda/\Delta\lambda_{\text{。}}$ の関係の説明図である。

【図7】本発明にかかる半導体レーザモジュールの一実施形態の発振波長の時間変化を示す図である。

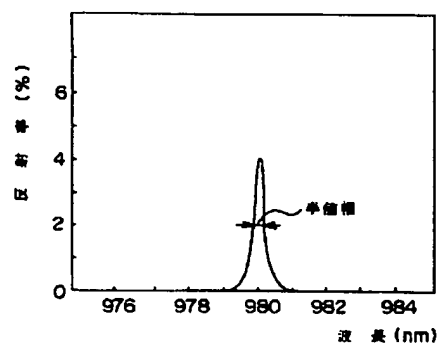
【符号の説明】

- 1 半導体レーザ素子
- 2 コリメータレンズ
- 3 集光レンズ
- 4 光ファイバ
- 5 ペルチェ素子
- 6 ベース
- 7 パッケージ
- 8 ファイバグレーティング
- 9 補強部材

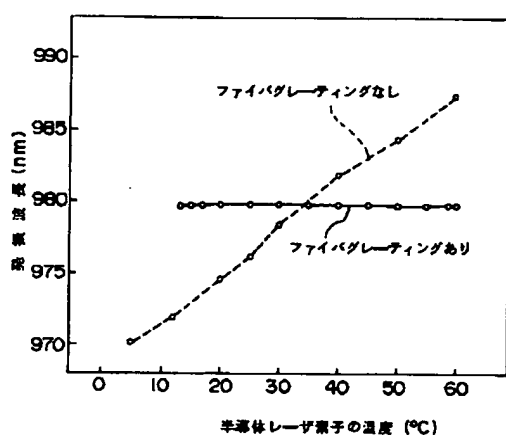
【図1】



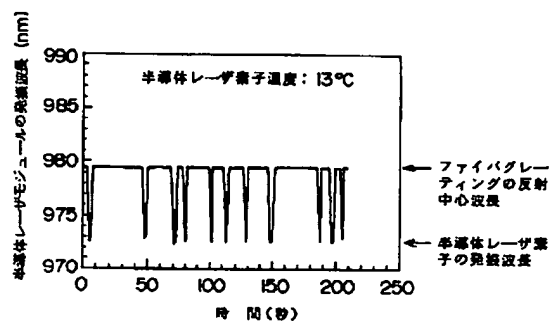
【図2】



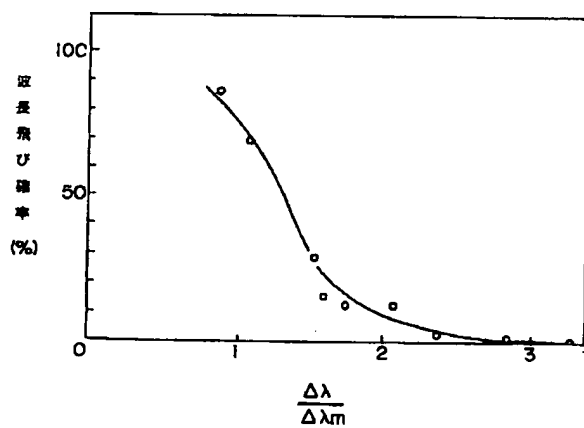
【図3】



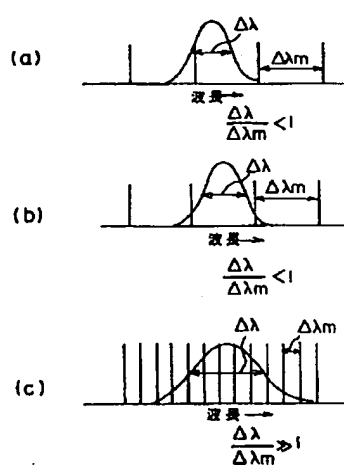
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

